

PUB-NO: DE010015962A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 10015962 A1

TITLE: High temp. resistant solder connection enabling  
mechanically stable, elastically deformable connection of  
semiconducting body to cooling body

PUBN-DATE: October 18, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HUEBNER, HOLGER	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
INFINEON TECHNOLOGIES AG	DE

APPL-NO: DE10015962

APPL-DATE: March 30, 2000

PRIORITY-DATA: DE10015962A ( March 30, 2000)

INT-CL (IPC): H01L021/58, H01L023/12 , H01L023/36 , H05K007/20 ,  
B23K001/00

EUR-CL (EPC): B23K001/00 ; H01L023/373, H01L023/42

US-CL-CURRENT: 257/E23.087, 257/E23.112

ABSTRACT:

CHG DATE=20020503 STATUS=O>The solder connection has a metal  
coating (7) of

copper or nickel between a semiconducting body (1) and a connected cooling body

(11). The metal coating has a foam-like linked structure with hollow spaces (9) enclosed by dividing walls that extend without interruption between the semiconducting body and the cooling body.

## Description

The present invention relates to a high temperature resistant solder connection made of a metallic layer which is provided between a semiconductor body and a cooling body connected thereto.

Power semiconductor construction elements develop substantial quantities of heat when operating, the heat causing substantial increases in temperature, which can lead to damage in the power semiconductor construction elements. For this reason, power semiconductor construction elements are provided with cooling bodies that absorb the heat developed in the power semiconductor construction elements.

Power semiconductor construction elements are normally made of silicon, whereas copper is preferred for the cooling body.

If now a silicon power semiconductor construction element is provided with a copper cooling body, the different coefficients of thermal expansion of silicon and copper will produce thermal mismatches between the power semiconductor construction element and the cooling body, which will in turn lead to large mechanical stresses which can result in cracks and failures in the semiconductor body.

Over many years, the solution to this problem has been intensively investigated. In this connection it is to be noted that the power semiconductor construction element has been placed as close as possible to the cooling body, in order to ensure good heat conduction to the cooling body. On the other hand, however, a predetermined minimum spacing between the power semiconductor construction element and its cooling body has been thought necessary, so that the connection layer could absorb the shear forces resulting from a distortion of the power semiconductor construction element and its cooling body.

Up to now, use has been made of expanded ceramic/copper substrates (DCB-substrates), against which a silicon power semiconductor construction element has been applied using a lead-tin soft solder connecting layer, and which can be optionally provided with an additional copper cooling body on the side facing the power

semiconductor construction element. The soft solder connecting layer reacts to any arising mechanical shear stresses by undergoing plastic deformation, and thus contributes to the reduction of such shear stresses.

Although the DCB-substrates are thermally matched with silicon, this solution to the above-described problem has particular disadvantages: due to the DCB-substrate and the lead-tin soft solder connecting layer, the conduction of heat away from the power semiconductor construction element is reduced. Moreover, the soft solder connecting layer cannot withstand higher operating temperatures in the region of 200°C, which at present are occasionally encountered in the electronics field, since soft solder begins to flow (soften) in this temperature range.

In order to ensure stability and operating reliability at higher temperatures, the so-called diffusion solder connections between a power semiconductor construction element and a cooling body, in particular a DCB-substrate, are occasionally used. However, in such diffusion solder connections, the solder seam or joint is hard and extremely thin, so that the arising mechanical stresses cannot be reliably equalised, and a failure in the power semiconductor construction element cannot be ruled out.

At present there is utilized as a connecting layer, also called an "interposer", between a power semiconductor construction element and a cooling body, preferably either a soft solder layer of about 100 µm in thickness, or an equally thick organic layer made of plastic. The term "power semiconductor construction element" can be taken to mean also an integrated switch, while a cooling body can enclose the plate or board of the power semiconductor construction element.

As already mentioned above, such a soft solder layer is unsuitable for use in temperature ranges of 200°C and higher, whereas an organic layer is not very suitable for heat conduction.

Therefore it is an object of the present invention to provide a mechanically stable, elastically deformable, high-temperature resistant solder connection between a semiconductor body and a cooling body connected thereto; furthermore there is provided a process and an apparatus for the creation of such a solder connection.

In accordance with the invention, this object is attained utilising a heat-resistant solder connection of the kind mentioned earlier, wherein the metal layer has a foam-like

linked structure with hollow spaces enclosed by dividing walls that extend without interruption between the semiconductor body and the cooling body.

The solder connection in accordance with the invention, made of a metal layer with a foam-like linked structure, provides a flexible intermediate layer ("inter-poser") between the semiconductor body and the cooling body, which reduces mechanical stresses arising at higher temperatures and at the same time has an excellent heat conductive capacity. The solder connection in accordance with the invention can be introduced into the wafer plane between the semiconductor body and the cooling body, so that use of solder bands is not necessary.

The creation of the high temperature solder connection in accordance with the invention is undertaken as follows:

On the rearward side of a silicon wafer, from which in a later method step a plurality of semiconductor construction elements will be obtained, a thin metal film, for example made of copper, is applied by galvanic deposition. This thin metal film, whose thickness is in the region of a few  $\mu\text{ms}$ , functions as a starter layer for a subsequent galvanic deposition. It is to be understood that the wafer can consist of a material other than silicon, and that likewise a material other than copper can be used for the metal film.

To the metal film there is then adhered a thin lamina about  $100\ \mu\text{m}$  thick, which is preferably of plastic, and which has an open-pore structure. This lamina is preferably self-adhesive or coated on one side with an adhesive. The pores of the lamina have preferably a diameter in the region between  $5$  and  $20\ \mu\text{m}$ , and are connected with one another.

The wafer, thus prepared, is then metallized in a galvanic bath with, for example, copper or nickel. During this metallization there is growth of the metal, in particular copper or nickel, in the region of the pores on the thin metal film (likewise of copper and/or nickel, for example) to form a metallic foam which breaks through the plastic in many locations, whereby the pores of the lamina filled with the metal interlink with each other, the walls of the layer however simultaneously preventing the metal layer from growing together in a compact manner.

As a result of the relatively small volume of the walls of the lamina, by comparison with the volume of the pores, the growing metal layer is preponderantly of

solid metal, interrupted by the plastic walls of the lamina. Due to the galvanic process and the three dimensional linkage of the growing metal layer, it is guaranteed that this growing metal layer will not be interrupted in the vertical direction. In other words, there is guaranteed a high heat conductivity and a good electrical conductivity in the vertical direction in the growing metal layer between the semi-conductor body and a cooling body. The metal layer does not necessarily have to grow as far as the upper edge of the lamina. Instead, its thickness depends on the subsequent use of the semi-conductor, and can lie between 10 and 30  $\mu\text{m}$ .

Following the above described galvanic process, the lamina is preferentially removed using a suitable solvent. This can be done directly, since the walls of the lamina, like the pores, form an interlinked, upwardly open frame.

The metal layer thus constituted can now be directly soldered, i.e. be provided with a solder layer. This solder layer should be relatively thin, with a layer thickness in the region of about 2.5  $\mu\text{m}$ , so that the pores of the grown metal layer do not close.

A suitable soldering process is the already mentioned diffusion soldering, in which a low-temperature process creates very high temperature-resistant compounds.

The thin solder layer can also be applied to the metal layer by, for example, a galvanic process, currentless deposition, thermal vaporisation or sputtering of pure zinc or of an alloy with an even lower melting temperature, such as eutectic tin/indium. This can take place, especially in bulk processes, even ahead of the removal of the lamina.

Instead of a plastic lamina, one could also use ceramic materials, foams of which are known having a substantial open pore structure. In other words, with this variant, a foam based on a ceramic working material is deposited as a dielectric layer on the wafer, and in the same manner as the plastic layer, has its pores galvanically filled. This ceramic foam, after the filling with metal, in particular with copper and/or nickel, should not be removed, since it has the required high temperature resistance. In this case the metal filling can grow to a point even above the upper edge of the layer formed by the ceramic foam, resulting ultimately in a closed surface.

The high temperature-resistant solder connection according to the invention can also, using structured surfaces – for example contact pads or contact cushions – be applied to accomplish the metallization. For this, the open-pore lamina (or a ceramic foam) is adhered to the already structured surface, or deposited thereon. For

metallisation intended to form the metal layer with the foam-like interlinked structure, no further galvanic process can be used, since the continuous conductive metal layer is lacking in copper or nickel in particular. Through the currentless deposition of special nickel, the lamina or the ceramic foam can be filled selectively only in the region of the contact pads. Attention is drawn to the fact that nickel, just as with copper, is appropriate for diffusion soldering.

Another possibility for creating the foam-like, interlinked structure for the metallic layer involves applying plastic balls to the metal film, and filling with metal the space between the balls. In this process, balls of differing sizes are used, so that after the balls are removed, the resulting pores are of sizes which vary between the semiconductor body and the cooling body. The balls should be made of a material which cannot be galvanised and which easily precipitates – so that the balls sink readily to the bottom in a corresponding galvanising apparatus.

Such a galvanising apparatus is preferably provided with a stirrer which readily tumbles the balls. After the stirrer is turned off, the balls are placed on the metal film of the wafer, whereupon the larger balls – due to their greater weight – sink downward. As soon as the balls are stored on the wafer, the galvanic process begins, in order to fill the spaces between the balls with metal, in particular copper or nickel.

The invention is described in greater detail below, utilising the drawings.

Fig. 1 shows a schematic sectional view of a wafer, having a metal film and a lamina partly filled with copper;

Fig. 2 is a schematic sectional view for explaining a structurized metallisation on contact pads;

Fig. 3 is a schematic sectional view, helpful in explaining the recovery of a foam-like linked structure with balls; and

Fig. 4 is a schematic view of an apparatus for creating the foam-like linked structure utilizing balls.

On a wafer 1 made of silicon or another semiconductor material such as silicon carbide or an AIII-BV-compound, there is applied a metal film 2 made of copper or nickel, with a layer thickness of 100 nm up to a few  $\mu\text{m}$ , as the foundation layer. Upon this metal film 2 an open-pore lamina 3 is applied which consists of plastic, for example

polymer, or a ceramic. This open-pore lamina 3 has a foam-like structure with hollow spaces 4 and with plastic or ceramic regions 5.

The hollow spaces 4 are interconnected, so that the desired open-pore structure is present, whereas the regions 5 are likewise linked to one another. This linkage can take place in various planes, by the connections of region 5. Since Figure 1 shows merely a section in a predetermined plane, the linkage of region 5 is not visible.

The metal film 2 can be applied using galvanic deposition. The lamina 3 is preferably adhered to the metal layers 2, which is why it is coated on the side facing the metal layer 2 with a self-adhesive, or can itself be self-adhesive. The pores or hollow spaces 4 have a diameter in the range between 5 and 20  $\mu\text{m}$  and are all connected with one another.

The wafer 1, prepared in this manner with the metal film 2 and the lamina 3, is then metallized in a galvanic bath with, for example, copper or nickel. This causes the metal to "grow" in the region of the hollow spaces 4, to provide a multiply discontinuous metallic foam 6, whereby the hollow spaces filled with metal link up with each other, and the regions 5 of the lamina 3 prevent any of the metal layer 7 formed by the foam 6 from growing together in a compact structure.

Due to the small volume of the region 5 in comparison to the volume of the hollow cavities (4), the metal layer 7 is preponderantly made of metal. Moreover, it is guaranteed, due to the galvanic process and the three-dimensional linking of the foam of the metal layer 7, that this metal layer 7 will be free from breaks in the vertical direction. In addition, there is guaranteed both a high heat conductivity as well as a good electrical conductivity in the metal layer in the vertical direction between the semiconductor wafer 1 and a cooling body which is coated on the surface of the metal layer that is directed toward the semiconductor wafer 1, utilizing a thin solder layer having a thickness from 2 to 5  $\mu\text{m}$ .

The metallic layer 7 is not required to extend as far as the upper corner of the lamina 3. Rather, its thickness depends upon the subsequent use of the semiconductor construction element, and may lie between 10 and 100  $\mu\text{m}$ , preferably 10 and 30  $\mu\text{m}$ .

Following the galvanic process, the lamina 3 is removed using a suitable solvent means, such as acetone, this being now possible since the regions 5 of the lamina 3, similarly to the hollow spaces 4, provide a cohesive, upwardly open framework.



Figure 2 shows a further example embodiment of the solder connection in accordance with the invention, in which the lamina 3 is applied to a surface of the semiconductor-wafer 1, the surface being provided with contact pads 8. In this example embodiment, the continuous metal film 2 is not present. Since this continuous, conductive base layer is absent, no galvanic process can be undertaken with a view to creating metal foam 6 on the contact 8. A thin continuous starter layer can subsequently be removed by applying a brief aqueous etching step, whereby the considerably thicker pads will not be attacked.

However, by the deposition of, for example, nickel in the absence of flowing current, it is possible to selectively fill the lamina 3 with the metallic layer 7 only in the region of the contact pads 8.

Figure 3 shows a further example embodiment of the heat resistant solder connection in accordance with the invention. In this example embodiment, the "layer" 3 is constituted by spheres or grains 9 or spherical structures of varying sizes, which are deposited on the metal film 2. The cavities 4 between the spheres 9 are filled with metal as in the example embodiment of Figure 1, so that a coherent metal layer 7 is created.

After the manufacture of the metal layer 7, the spheres 9 are removed using a suitable solution, which can be done immediately since the spheres 9 contact each other and thus provide a coherent framework. Finally, there is provided on the metal layer 7 yet another thin solder layer 10 having a layer thickness of 2 to 5  $\mu\text{m}$ , to which a cooling body 11, made for example of copper, can be brought into juxtaposition.

Removal of the layer 3 or the balls 9 is not essential if for these a heat-resistant material is used, for example ceramic, glass or semiconductor (Si).

Figure 4 shows yet another apparatus for making the high-temperature solder connection of Figure 3: in a galvanic bath 12 there is provided a stirrer which causes the balls 9 to undergo initial turbulent motion, subsequently settling against the metal film 2 when the stirrer 13 is shut off.

By the use of spheres of differing sizes, a corresponding structuring of the metal layer 7 can be attained, since the smaller balls will preferentially collect in the lower spaces between the downward sinking larger balls. After turning off the stirrer 13, the galvanic deposition of copper or nickel in order to provide the metal layer 7 is initiated.



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 15 962 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 21/58**  
H 01 L 23/12  
H 01 L 23/36  
H 05 K 7/20  
B 23 K 1/00

⑲ Aktenzeichen: 100 15 962.1  
⑳ Anmeldetag: 30. 3. 2000  
㉑ Offenlegungstag: 18. 10. 2001

**DE 100 15 962 A 1**

⑦① Anmelder:  
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte MÜLLER & HOFFMANN, 81667  
München

⑦② Erfinder:  
Hübner, Holger, Dr., 85598 Baldham, DE

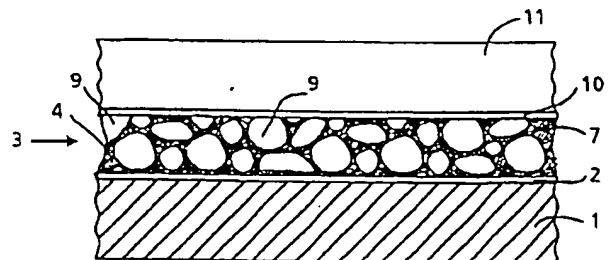
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 195 07 547 C2  
DE 40 10 370 C2  
DE-OS 16 14 218  
US 59 86 885  
US 58 54 093  
EP 05 90 232 A1  
EP 05 04 669 A1  
EP 02 13 774 A1  
EP 01 10 307 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Hochtemperaturfeste Lotverbindung für Halbleiterbauelement

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine hochtemperaturfeste Lotverbindung zwischen einem Halbleiterkörper (1) und einem Kühlkörper (11). Diese Lotverbindung besteht aus einer Metallschicht (7) mit einer schaumartig vernetzten Struktur (6), deren Hohlräume von Trennwänden umgeben sind, die sich ohne Unterbrechung zwischen dem Halbleiterkörper (1) und dem Kühlkörper (11) erstrecken.



**DE 100 15 962 A 1**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine hochtemperaturfeste Lotverbindung aus einer Metallschicht, die zwischen einem Halbleiterkörper und einem mit diesem verbundenen Kühlkörper vorgesehen ist.

[0002] Leistungshalbleiterbauelemente entwickeln im Betrieb beträchtliche Wärmemengen, die erhebliche Temperatursteigerungen bewirken, welche zu einer Zerstörung der Leistungshalbleiterbauelemente führen können. Aus diesem Grund werden Leistungshalbleiterbauelemente mit Kühlkörpern ausgestattet, die die in den Leistungshalbleiterbauelementen entwickelte Wärme aufnehmen.

[0003] Leistungshalbleiterbauelemente bestehen zumeist aus Silizium, während für die Kühlkörper vorzugsweise Kupfer verwendet wird.

[0004] Wird nun ein Silizium-Leistungshalbleiterbauelement mit einem Kupfer-Kühlkörper versehen, so treten infolge der durch die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Silizium und Kupfer bedingten thermischen Fehlanpassungen zwischen dem Leistungshalbleiterbauelement und dem Kühlkörper im Halbleiterkörper des Leistungshalbleiterbauelementes große mechanische Spannungen auf, die zu Rißbildungen und Brüchen führen können.

[0005] An der Lösung dieses Problems wird seit vielen Jahren intensiv gearbeitet. Dabei ist zu beachten, daß das Leistungshalbleiterbauelement einerseits möglichst nahe an dem Kühlkörper vorgesehen werden sollte, um eine gute Wärmeableitung zu dem Kühlkörper gewährleisten zu können. Andererseits sollte aber ein bestimmter Mindestabstand durch eine zwischen dem Leistungshalbleiterbauelement und dessen Kühlkörper vorgesehene Verbindungsschicht eingehalten werden, damit diese die bei der Verformung des Leistungshalbleiterbauelementes und des Kühlkörpers auftretenden Scherspannungen aufnehmen kann.

[0006] Bisher werden verbreitet Keramik/Kupfer-Substrate (DCB-Substrate) eingesetzt, auf die ein Silizium-Leistungshalbleiterbauelement mittels einer Blei-Zinn-Weichlot-Verbindungsschicht aufgebracht wird, und die gegebenenfalls noch mit einem zusätzlichen Kupfer-Kühlkörper auf der dem Leistungshalbleiterbauelement gegenüberliegenden Seite versehen werden können. Die Weichlot-Verbindungsschicht reagiert auf die auftretenden mechanischen Scherspannungen mit plastischer Verformung und trägt somit dazu bei, diese Scherspannungen abzubauen.

[0007] Obwohl die DCB-Substrate thermisch an Silizium angepaßt sind, hat dieser Ansatz zur Lösung der oben aufgezeigten Problematik gewisse Nachteile: durch das DCB-Substrat und die Blei-Zinn-Weichlot-Verbindungsschicht wird die Wärmeableitung aus dem Leistungshalbleiterbauelement verschlechtert. Weiterhin vermag die Weichlot-Verbindungsschicht höhere Betriebstemperaturen im Bereich von 200°C, wie sie derzeit in der Elektronik gelegentlich gefordert werden, nicht auszuhalten, da Weichlot in diesem Temperaturbereich zu fließen beginnt.

[0008] Damit Stabilität und Betriebssicherheit auch bei höheren Temperaturen gewährleistet sind, werden gelegentlich sogenannte Diffusionslötverbindungen zwischen einem Leistungshalbleiterbauelement und einem Kühlkörper, wie insbesondere einem DCB-Substrat, eingesetzt. Bei solchen Diffusionslötverbindungen ist aber die Lotnaht hart und extrem dünn, so daß die auftretenden mechanischen Spannungen nicht zuverlässig ausgeglichen werden können und ein Ausfall des Leistungshalbleiterbauelementes nicht auszuschließen ist.

[0009] Derzeit wird als Verbindungsschicht, auch "Interposer" genannt, zwischen einem Leistungshalbleiterbauelement

und einem Kühlkörper bevorzugt entweder eine etwa 100 µm dicke Weichlotschicht oder eine etwa gleich dicke organische Schicht aus Kunststoff eingesetzt. Unter "Leistungshalbleiterbauelement" ist dabei gegebenenfalls auch eine integrierte Schaltung zu verstehen, während ein Kühlkörper die Platte bzw. das Board dieses Leistungshalbleiterbauelementes umfassen kann.

[0010] Eine derartige Weichlotschicht ist aber, wie bereits oben erwähnt wurde, für Anwendungen in Temperaturbereichen um 200°C und darüber ungeeignet, während eine organische Schicht für die Wärmeableitung wenig geeignet ist.

[0011] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine mechanisch stabile, elastisch verformbare hochtemperaturfeste Lotverbindung zwischen einem Halbleiterkörper und einem mit diesem verbundenen Kühlkörper anzugeben; außerdem sollen ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen einer solchen Lotverbindung geschaffen werden.

[0012] Diese Aufgabe wird bei einer hochtemperaturfesten Lotverbindung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Metallschicht eine schaumartig vernetzte Struktur hat, deren Hohlräume von Trennwänden umgeben sind, die sich ohne Unterbrechung zwischen Halbleiterkörper und Kühlkörper erstrecken.

[0013] Die erfindungsgemäße Lotverbindung aus der Metallschicht mit einer schaumartig vernetzten Struktur bildet eine flexible Zwischenschicht ("Interposer") zwischen dem Halbleiterkörper und dem Kühlkörper, welche in hervorragender Weise bei höheren Temperaturen auftretende mechanische Spannungen abbaut und gleichzeitig eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit zeigt. Die erfindungsgemäße Lotverbindung kann dabei bereits auf Waferebene zwischen dem Halbleiterkörper und dem Kühlkörper eingefügt werden, so daß die Verwendung von Lotbändern nicht erforderlich ist.

[0014] Die Herstellung der erfindungsgemäßen Hochtemperaturlotverbindung wird vorzugsweise wie folgt vorgenommen:

[0015] Auf die Rückseite eines Siliziumwafers, aus welchem in einem späteren Herstellungsschritt durch Zerlegen die Halbleiterkörper einer Vielzahl von Halbleiterbauelementen gewonnen werden, wird ein dünner Metallfilm aus beispielsweise Kupfer durch galvanische Abscheidung aufgetragen. Dieser dünne Metallfilm, dessen Schichtdicke in der Größenordnung von einigen µm liegt, erfüllt die Funktion einer Keimschicht für eine spätere galvanische Abscheidung. Selbstverständlich kann der Wafer auch aus einem anderen Material als Silizium bestehen, und für den Metallfilm können ebenfalls von Kupfer abweichende Materialien eingesetzt werden.

[0016] Auf den Metallfilm wird sodann eine dünne, etwa 100 µm dicke, vorzugsweise aus Kunststoff bestehende Folie geklebt, die eine offenporige Struktur hat. Diese Folie ist vorzugsweise selbstklebend oder einseitig mit einem Kleber beschichtet. Die Poren der Folie haben vorzugsweise einen Durchmesser im Bereich zwischen 5 und 20 µm und sind miteinander verbunden.

[0017] Der auf diese Weise präparierte Wafer wird sodann in einem Galvanikbad mit beispielsweise Kupfer oder Nickel metallisiert. Bei dieser Metallisierung wächst das Metall, also insbesondere Kupfer oder Nickel, im Bereich der Poren auf dem dünnen Metallfilm (aus beispielsweise ebenfalls Kupfer und/oder Nickel) zu einem vielfach durch den Kunststoff unterbrochenen metallischen Schaum auf, wobei die mit Metall gefüllten Poren der Folie miteinander vernetzen, die Wände der Folie aber gleichzeitig verhindern, daß diese Metallschicht kompakt zusammenwächst.

[0018] Infolge des relativ geringen Volumenanteiles der Wände der Folie im Verhältnis zum Volumen der Poren be-

steht die aufgewachsene Metallschicht überwiegend aus festem Metall, das durch die Kunststoffwände der Folie unterbrochen ist. Durch den galvanischen Prozeß und die dreidimensionale Vernetzung der aufgewachsenen Metallschicht wird außerdem sichergestellt, daß diese aufgewachsene Metallschicht in vertikaler Richtung keine Unterbrechungen aufweist. Mit anderen Worten, es sind eine hohe Wärmeleitfähigkeit und eine gute elektrische Leitfähigkeit der aufgewachsenen Metallschicht in vertikaler Richtung zwischen dem Halbleiterkörper und einem Kühlkörper gewährleistet. [0019] Die Metallschicht braucht nicht unbedingt bis zu der Oberkante der Folie aufzuwachsen. Ihre Dicke hängt vielmehr von der späteren Verwendung des Halbleiterbauelementes ab und kann zwischen 10 und 30 µm liegen.

[0020] Nach dem oben beschriebenen galvanischen Prozeß wird die Folie vorzugsweise mit einem geeigneten Lösungsmittel entfernt. Dies ist ohne weiteres möglich, da die Wände der Folie ebenfalls wie die Poren ein zusammenhängendes, nach oben offenes Gerüst bilden.

[0021] Die auf diese Weise gebildete Metallschicht kann nun direkt verlötet, d. h. mit einer Lotschicht versehen werden. Diese Lotschicht sollte relativ dünn sein und eine Schichtdicke in der Größenordnung von 2,5 µm aufweisen, damit sich die Poren der aufgewachsenen Metallschicht nicht verschließen.

[0022] Ein geeignetes Lotverfahren ist das bereits erwähnte Diffusionslöten, mit dem sich bei niedrigen Füge-temperaturen sehr hochtemperaturfeste Verbindungen erreichen lassen.

[0023] Die dünne Lotschicht kann auch auf der Metallschicht beispielsweise durch einen galvanischen Prozeß, stromlose Abscheidung, thermisches Verdampfen oder Sputtern von reinem Zinn oder einer noch niedriger schmelzenden Legierung, wie beispielsweise eutektischem Zinn/Indium aufgetragen werden. Dies kann, speziell bei Massenprozessen, gegebenenfalls noch vor Entfernung der Folie erfolgen.

[0024] Anstelle einer Kunststoffolie können auch keramische Werkstoffe eingesetzt werden, von welchen ebenfalls Schäume mit stark offenerporiger Struktur bekannt sind. Mit anderen Worten, bei dieser Variante wird ein Schaum auf der Basis eines keramischen Werkstoffes als dielektrische Schicht auf dem Wafer abgeschieden und in gleicher Weise wie die Kunststoffolie in ihren Poren galvanisch gefüllt. Dieser Keramikschaum braucht nach der Füllung mit Metall, also insbesondere Kupfer und/oder Nickel, nicht entfernt zu werden, da er die notwendige Temperaturfestigkeit aufweist. In diesem Fall kann die Metallfüllung sogar bis über die Oberkante der durch den Keramikschaum gebildeten Schicht hinauswachsen, so daß sich schließlich eine geschlossene Oberfläche ergibt.

[0025] Die erfindungsgemäße hochtemperaturfeste Lotverbindung kann auch bei strukturierten Oberflächen, wie beispielsweise Kontaktpads bzw. -kissen zu deren Metallisierung angewandt werden; hierzu wird die offenerporige Folie (oder ein Keramikschaum) ganzflächig auf die bereits strukturierte Oberfläche aufgeklebt oder auf dieser abgeschieden. Für eine Metallisierung zur Bildung der Metallschicht mit der schaumartig vernetzten Struktur kann dann kein galvanisches Verfahren mehr verwendet werden, da die durchgehend leitende Metallschicht aus insbesondere Kupfer oder Nickel fehlt. Durch stromlose Abscheidung von speziell Nickel läßt sich die Folie oder der Keramikschaum aber ohne weiteres selektiv nur im Bereich der Kontaktpads füllen. Dabei ist zu beachten, daß Nickel ebenso wie Kupfer für Diffusionslöten geeignet ist.

[0026] Eine andere Möglichkeit zur Bildung der schaumartig vernetzten Struktur für die Metallschicht besteht darin,

auf den Metallfilm Kunststoffkugeln aufzutragen und die Hohlräume zwischen diesen Kugeln mit Metall zu füllen. Dabei können Kugeln unterschiedlicher Größe verwendet werden, um gegebenenfalls nach deren Entfernung Poren zu erhalten, deren Größe sich stetig zwischen dem Halbleiterkörper und dem Kühlkörper ändert. Die Kugeln sollten dabei aus einem Material bestehen, das nicht galvanisiert wird und das sich leicht absetzt, also in einer entsprechenden Galvanisiervorrichtung zu Boden sinkt.

[0027] Eine solche Galvanisiervorrichtung ist vorzugsweise mit einem Rührer versehen, der die Kugeln zunächst aufwirbelt. Nach Abschalten dieses Rührers setzen sich die Kugeln auf den Metallfilm des Wafers ab, wobei die größeren Kugeln infolge ihres höheren Gewichtes nach unten sinken. Sobald die Kugeln auf den Wafer abgelagert sind, wird der galvanische Prozeß begonnen, um die Hohlräume zwischen den Kugeln mit Metall, also insbesondere Kupfer oder Nickel, zu füllen.

[0028] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0029] Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Wafers mit einem Metallfilm und einer teilweise mit Kupfer gefüllten Folie;

[0030] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung zur Erläuterung einer strukturierten Metallisierung auf Kontaktpads;

[0031] Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung zur Erläuterung der Gewinnung einer schaumartig vernetzten Struktur mit Kugeln; und

[0032] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung der schaumartig vernetzten Struktur mittels Kugeln.

[0033] Auf einem Wafer 1 aus Silizium oder einem anderen Halbleitermaterial, wie beispielsweise Siliziumcarbid oder einer AlIII-BV-Verbindung, ist ein Metallfilm 2 aus Kupfer oder Nickel mit einer Schichtdicke von 100 nm bis einigen µm als Keimschicht aufgetragen. Auf diesen Metallfilm 2 wird eine offenerporige Folie 3 aufgebracht, die aus Kunststoff, wie beispielsweise Polymer, oder Keramik besteht. Diese offenerporige Folie 3 hat eine schwammartige Struktur mit Hohlräumen 4 und mit Kunststoff- bzw. Keramikbereichen 5.

[0034] Die Hohlräume 4 sind zusammenhängend, so daß die gewünschte offenerporige Struktur vorliegt, während die Bereiche 5 ebenfalls untereinander vernetzt sind. Diese Vernetzung kann durch Verbindungen der Bereiche 5 in verschiedenen Ebenen geschehen. Da Fig. 1 lediglich einen Schnitt in einer bestimmten Ebene zeigt, ist hier die Vernetzung der Bereiche 5 untereinander nicht zu sehen.

[0035] Der Metallfilm 2 kann durch galvanische Abscheidung aufgetragen werden. Die Folie 3 wird auf die Metallschicht 2 vorzugsweise aufgeklebt, weshalb sie einseitig mit einem Kleber auf der dem Metallfilm 2 zugewandten Seite beschichtet ist oder selbstklebend sein kann. Die Poren, also Hohlräume 4, haben einen Durchmesser im Bereich zwischen 5 und 20 µm und sind alle miteinander verbunden.

[0036] Der auf diese Weise mit dem Metallfilm 2 und der Folie 3 präparierte Wafer 1 wird sodann in einem Galvanikbad mit beispielsweise Kupfer oder Nickel metallisiert. Dabei wächst das Metall im Bereich der Hohlräume 4 zu einem vielfach unterbrochenen metallischen Schaum 6 auf, wobei sich die mit dem Metall gefüllten Hohlräume miteinander vernetzen und die Bereiche 5 der Folie 3 aber verhindern, daß eine durch den Schaum 6 gebildete Metallschicht 7 kompakt zusammenwächst.

[0037] Durch den geringen Volumenanteil der Bereiche 5 im Verhältnis zu dem Volumen der Hohlräume 4 besteht die Metallschicht 7 überwiegend aus Metall. Außerdem ist

durch den galvanischen Prozeß und die dreidimensionale Vernetzung des Schaumes 6 der Metallschicht 7 sichergestellt, daß diese Metallschicht 7 in vertikaler Richtung nirgends unterbrochen ist. Damit sind sowohl eine hohe Wärmeleitfähigkeit als auch eine gute elektrische Leitfähigkeit der Metallschicht in vertikaler Richtung zwischen dem Halbleiterwafer 1 und einem Kühlkörper gewährleistet, der auf der dem Halbleiterwafer 1 gegenüberliegenden Oberfläche der Metallschicht 7 mittels einer dünnen Lotschicht mit einer Schichtdicke von 2 bis 5 µm aufgetragen ist.

[0038] Die Metallschicht 7 muß nicht bis zu der Oberkante der Folie 3 aufwachsen. Vielmehr hängt ihre Dicke von der späteren Verwendung des Halbleiterbauelementes ab und kann zwischen 10 und 100 µm, vorzugsweise 10 und 30 µm, liegen.

[0039] Nach dem galvanischen Prozeß wird die Folie 3 mittels eines geeigneten Lösungsmittels wie z. B. Azeton entfernt, was ohne weiteres möglich ist, da die Bereiche 5 der Folie 3 ebenfalls wie die Hohlräume 4 ein zusammenhängendes und nach oben offenes Gerüst bilden.

[0040] Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lotverbindung, bei der die Folie 3 auf eine mit Kontaktpads 8 versehene Oberfläche des Halbleiter-Wafers 1 aufgetragen ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der durchgehende Metallfilm 2 also nicht vorhanden. Da diese durchgehend leitende Basisschicht fehlt, kann kein galvanisches Verfahren vorgenommen werden, um auf den Kontakt 8 Metall-Schäume 6 zu bilden. Eine dünne, durchgängige Keimschicht läßt sich nachträglich durch einen kurzen Naßätzschritt entfernen, wobei die wesentlich dickeren Pads nicht angegriffen werden.

[0041] Durch stromlose Abscheidung von beispielsweise Nickel ist es aber möglich, die Folie 3 selektiv lediglich im Bereich der Kontaktpads 8 mit den Metallschichten 7 zu füllen.

[0042] Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen hochtemperaturfesten Lotverbindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel besteht die "Folie" 3 aus Kugeln oder Körnern 9 oder kugelförmigen Gebilden unterschiedlicher Größe, die auf dem Metallfilm 2 abgelagert sind. Die Hohlräume 4 zwischen den Kugeln 9 sind, wie im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 mit Metall gefüllt, so daß eine zusammenhängende Metallschicht 7 vorliegt.

[0043] Nach Herstellung der Metallschicht 7 werden die Kugeln 9 durch ein Lösungsmittel entfernt, was ohne weiteres möglich ist, da die Kugeln 9 aneinandergrenzen und somit ein zusammenhängendes Gerüst bilden. Schließlich wird auf die Metallschicht 7 noch eine dünne Lotschicht 10 mit einer Schichtdicke von 2 bis 5 µm aufgetragen, auf der dann ein Kühlkörper 11 aus beispielsweise Kupfer angebracht werden kann.

[0044] Das Entfernen der Folie 3 bzw. der Kugeln 9 ist nicht erforderlich, wenn für diese ein hochtemperaturfestes Material, wie beispielsweise Keramik, Glas oder Halbleiter (Si) verwendet wird.

[0045] Fig. 4 zeigt noch eine Vorrichtung zur Herstellung der hochtemperaturfesten Lotverbindung von Fig. 3: in einem Galvanikbad 12 befindet sich ein Rührer 13, mit dem die Kugeln 9 zunächst aufgewirbelt werden, bevor sie sich nach Abschalten des Rührers 13 auf dem Metallfilm 2 ablagern.

[0046] Durch Verwendung von Kugeln unterschiedlicher Größe kann eine entsprechende Strukturierung der Metallschicht 7 erhalten werden, da sich die kleinen Kugeln bevorzugt in den unteren Zwischenräumen der nach unten absinkenden großen Kugeln ablagern. Nach Abschalten des Rührers 13 wird mittels Elektroden 14, 15 die galvanische Abscheidung von Kupfer oder Nickel zur Bildung der Metall-

schicht 7 vorgenommen.

#### Patentansprüche

1. Hochtemperaturfeste Lotverbindung aus einer Metallschicht (7), die zwischen einem Halbleiterkörper (1) und einem mit diesem verbundenen Kühlkörper (11) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht (7) eine schaumartig vernetzte Struktur (6) hat, deren Hohlräume (9) von Trennwänden umgeben sind, die sich ohne Unterbrechung zwischen dem Halbleiterkörper (1) und dem Kühlkörper (11) erstrecken.
2. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht aus Kupfer oder Nickel gebildet ist.
3. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke der Metallschicht (7) zwischen 10 und 100 µm, vorzugsweise zwischen 10 und 30 µm liegt.
4. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht (7) auf einen auf dem Halbleiterkörper (1) vorgesehenen Metallfilm (2) aufgetragen ist.
5. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht (7) auf der dem Halbleiterkörper (1) gegenüberliegenden Seite mit einer Lotschicht (10) versehen ist.
6. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotschicht (10) eine Schichtdicke von 2 bis 5 µm aufweist.
7. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Hohlräume der Metallschicht (7) mit Keramik gefüllt sind.
8. Hochtemperaturfeste Lotverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht (7) strukturiert auf Kontaktpads (8) aufgetragen ist (Fig. 2).
9. Verfahren zum Herstellen der hochtemperaturfesten Lotverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
  - (a) Auftragen einer offenporigen Folie (3) auf einen Halbleiterkörper (1),
  - (b) Füllen der Hohlräume der Folie (3) mit Metall und
  - (c) Auftragen einer Lotschicht (10) auf die mit Metall gefüllte Folie (3).
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie (3) nach dem Füllen der Hohlräume mit Metall entfernt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Folie (3) und dem Halbleiterkörper (1) ein Metallfilm (2) vorgesehen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlräume der Folie (3) mit Metall galvanisch gefüllt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß für die Folie Kunststoff oder Keramik verwendet wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie (3) aus Kugeln oder Körnern (9) gebildet ist.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugeln (9) mit unterschiedlicher Größe versehen werden.
16. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

nach Anspruch 14 oder 15, gekennzeichnet durch eine Galvanikeinrichtung (12) mit einem Rührer (13), durch den die Kugeln (9) vor ihrer Absetzung auf dem Halbleitersubstrat (1) aufwirbelbar sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

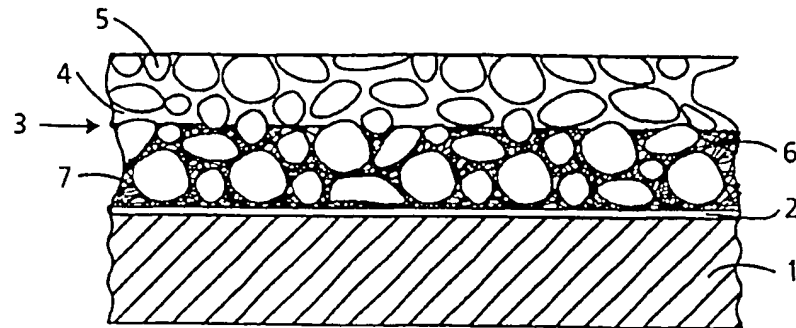


Fig. 2

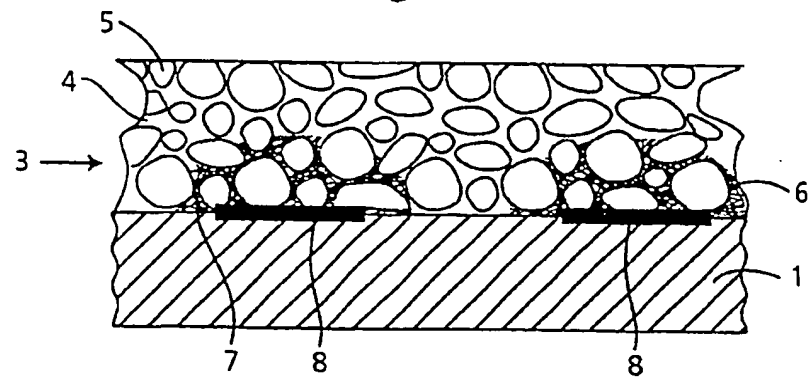


Fig. 3

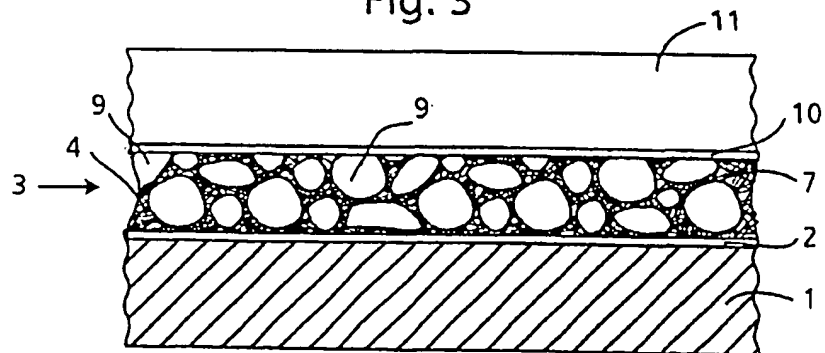




Fig. 4

